



TerrActiva: Capacitación gamificada en realidad virtual para el sector agrícola.

María Paula González Roa

Universidad del Rosario

Facultad de Creación – Diseño de Videojuegos

Tutor Diego Giraldo

Bogotá, Colombia

2025

## **Agradecimientos**

Agradezco a David Mauricio González y Valentina Riaño, quienes han sido una guía constante en mi vida, tanto en el ámbito personal como profesional. Su apoyo ha sido fundamental en este proceso.

Así mismo, extiendo mi más profundo agradecimiento a mis padres y mi abuela. Todo logro que lleve mi nombre lleva implícitamente el de ellos, pues han estado presentes en cada noche de desvelo, brindándome apoyo incondicional, escuchando mis ideas y ayudándome a convertirlas en realidades concretas. Uno de los aprendizajes más valiosos que me deja esta etapa es que los logros compartidos tienen un significado aún más profundo: en equipo, siempre se llega más lejos.

La universidad ha sido un camino lleno de aprendizajes, emociones y retos. Por eso, quiero expresar mi sincera gratitud a los profesores Diego Giraldo, Andrés Rosero y Léa Raymond, quienes encarnaron esa figura de guía cercana y comprometida con el crecimiento de sus estudiantes.

Hoy me reconozco como diseñadora de videojuegos porque creo profundamente en el poder que tienen para conectar a las personas. En mi caso, esta pasión me llevó a encontrar en Juan Manuel Dávila no solo un socio, sino un amigo con quien comparto este sueño.

También quiero agradecer profundamente a Sofia Chaustre, Valerie Calderón y Juan Diego Vargas, amigos entrañables que me ofrecieron siempre un espacio seguro para ser auténticamente yo. Junto a ellos y mis alter ego redescubrí la libertad de jugar, de ser niña otra vez, y con ello, la chispa creativa que nutre mi vocación como diseñadora. Su compañía fue un refugio y una fuente constante de inspiración.

## Dedicatoria

Para el bebé que viene en camino:

Eres una de las razones por las que sigo amando el diseño. Sueño con crear un mundo donde te sientas cómod@ y segur@, un lugar que puedas habitar con libertad y al que siempre quieras regresar, incluso cuando salgas a construir tu propio camino.

Te espero con amor y esperanza, Kalpa.

Para mi abuela:

A mi abuela,

porque en sus ojos veo la ternura de quien no siempre comprende mis ideas futuristas, pero aun así se esfuerza por imaginar y acompañarme. Aunque mis palabras a veces le resulten lejanas, nunca deja de mostrar orgullo por cada paso que doy. Su fortaleza como matriarca es la raíz que me sostiene y la inspiración que me impulsa a seguir adelante.

## Índice

1.	Resumen:.....	5
2.	Introducción y Estado del Arte: .....	6
3.	Objetivos, Justificación y Relevancia: .....	11
4.	Metodología y desarrollo del proceso de I+C:.....	13
a)	Gamificación y mecánicas:	13
b)	Crítica Genética	17
c)	Metodología de testeo:	27
5.	Resultados .....	32
6.	Conclusiones .....	35
7.	Anexos .....	36
8.	Referencias.....	38

## 1. Resumen:

Esta investigación-creación es un proyecto desarrollado en el marco del Semillero Espacio Latente como respuesta a una necesidad concreta en el sector agrícola: mejorar la capacitación técnica en prácticas de agricultura regenerativa mediante herramientas tecnológicas. Para ello, se desarrolló *TerrActiva*, una simulación inmersiva en realidad virtual (RV) que permite a los técnicos experimentar el proceso de producción de biochar dentro de un entorno controlado y contextualizado. El diseño de esta experiencia se fundamenta en el modelo de aprendizaje experiencial de Kolb y en los principios de gamificación del modelo Octalysis de Yu-kai Chou.

El proyecto incorpora interfaces visuales simbólicas, retroalimentación sensorial y una narrativa coherente con el entorno rural colombiano, el usuario final es el equipo técnico de empresa enfocada a la agricultura regenerativa. El objetivo es facilitar la retención de conocimiento y reducir la curva de aprendizaje. Elementos como una planta que crece como representación del progreso, decisiones estratégicas y mecánicas de interacción contextualizadas enriquecen la experiencia educativa. A su vez, el proceso fue acompañado por una crítica genética que permitió documentar, analizar y ajustar cada fase del desarrollo, consolidando *TerrActiva* como una propuesta innovadora para la formación técnica en agricultura regenerativa desde entornos inmersivos.

## **2. Introducción y Estado del Arte:**

El proyecto nace del interés por aplicar tecnologías como la realidad virtual (RV), la gamificación y los juegos serios como herramientas formativas en el contexto agrícola colombiano. Estas herramientas abren la puerta a nuevas formas de enseñar, especialmente en un sector que históricamente ha tenido limitaciones para capacitar a su personal técnico de forma práctica y constante. De hecho, según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2022), el sector agrícola colombiano enfrenta serias limitaciones estructurales en la capacitación práctica y constante del personal técnico, lo que evidencia la necesidad de explorar alternativas formativas innovadoras.

Actualmente, uno de los grandes retos en el campo es la pérdida de fertilidad del suelo, causada por el uso excesivo de químicos, la erosión y el monocultivo (Universidad Internacional de Andalucía [UNIA], 2024). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) también ha advertido sobre el impacto de este problema en la seguridad alimentaria y los ecosistemas (FAO & PNUMA, 2022). Frente a esto, la agricultura regenerativa se plantea como una solución urgente, y es aquí donde entra en juego Biodiversal, una empresa que trabaja con caficultores promoviendo prácticas que restauren la salud del suelo, entre ellas, el uso de biochar (carbón vegetal).

El biochar es un material carbonoso que se obtiene al quemar biomasa en condiciones de baja presencia de oxígeno. Su aplicación en suelos ayuda a mejorar la retención de agua, nutrientes y el almacenamiento de carbono. En cultivos como el café, ha mostrado beneficios importantes en la estructura del suelo y la sostenibilidad del sistema agroforestal (Jhong Chung, 2021).

Actualmente, la formación que ofrece Biodiversal sobre este proceso es mayoritariamente teórica. No hay un componente práctico previo a la entrada en campo, lo que limita la apropiación real del conocimiento. Aquí es donde aparece *TerrActiva*: una propuesta de formación gamificada en RV que busca llenar ese vacío, permitiendo que los técnicos practiquen en un entorno inmersivo antes de aplicar los conocimientos en escenarios reales.

Esta propuesta se apoya en la gamificación como estrategia pedagógica, entendida como el uso de elementos y mecánicas de juego en contextos no lúdicos para aumentar la motivación y el aprendizaje (Deterding et al., 2011). Según Marczewski (2013), esta metodología transforma tareas comunes en experiencias más atractivas, a través de niveles de progreso, recompensas y retroalimentación constante.

*TerrActiva* se construye como un juego serio, es decir, una experiencia diseñada con un propósito educativo claro, donde el entretenimiento es solo un medio (Abt, 1970). Además, como lo explica Dávila Rivera (2024), este tipo de juegos puede involucrar incluso a personas sin experiencia previa en videojuegos, lo cual es clave cuando se trabaja con públicos diversos como los del sector agrícola.

En términos de pedagogía, el diseño del juego está basado en el modelo de aprendizaje experiencial de Kolb (1984), que plantea un ciclo no lineal compuesto por cuatro etapas: experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa. Este modelo se adapta perfectamente a la capacitación en realidad virtual, ya que permite a los aprendices experimentar, analizar, teorizar y aplicar conocimientos en entornos simulados.

A pesar de ser un modelo con décadas de existencia, sigue siendo relevante en entornos digitales. Un estudio reciente sobre sistemas de e-learning personalizados

utilizó la teoría de Kolb para clasificar los estilos de aprendizaje de los estudiantes y ajustar automáticamente los contenidos de enseñanza según sus necesidades individuales (Rajper et al., 2016). Mediante la aplicación de redes bayesianas, se logró predecir con precisión las preferencias de los usuarios en un sistema de aprendizaje en línea, demostrando que la teoría de Kolb sigue siendo efectiva para modelar experiencias de aprendizaje adaptativo en entornos tecnológicos.

La RV se presenta como la herramienta ideal para complementar este modelo, ya que permite simular de manera realista tareas como recoger, mover y manipular biomasa. Además, elimina la necesidad de trasladarse a zonas rurales para entrenarse, lo que implica una reducción importante en tiempo, dinero y recursos logísticos.

La RV puede potenciar el modelo de Kolb a través de:

- Gamificación: Uso de recompensas y retroalimentación inmediata para reforzar el aprendizaje.
- Simulaciones interactivas: Ejercicios de prueba y error donde los técnicos pueden practicar la aplicación de biochar.

Aunque se han hecho avances en el uso de tecnología en capacitaciones, como, por ejemplo, la experiencia creada por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) (Angel-Urdinola et al., 2022), aún no hay estudios centrados en RV aplicada a la capacitación técnica en agricultura regenerativa y biochar. Muchas de las aplicaciones actuales de la RV en el agro están más enfocadas en tareas de monitoreo o visualización de datos que en la formación práctica.

Aunque se han hecho avances en la implementación de tecnología en el sector agrícola, no se centran en investigaciones especializadas en el uso de RV focalizadas en

la formación de técnicos agrícolas en prácticas de agricultura regenerativa. Si bien existen avances en la aplicación de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, el Internet de las cosas y la RV en la Agricultura 4.0 y 5.0, la mayoría de estos enfoques se centran en tareas como visualización de mapas tridimensionales, montaje de maquinaria o educación multimedia básica como lo plantean el estudio de Shamshiri (Shamshiri et al., 2018) sobre investigación y desarrollo en agricultura robótica con una perspectiva en la agricultura digital (Ovalle, Romero-Perdomo & Uribe, 2023). En ese sentido, hay una ausencia clara de investigaciones orientadas a entrenamientos inmersivos prácticos que integren el uso de RV para fortalecer capacidades técnicas en campo (Ovalle, Romero-Perdomo & Uribe, 2023).

Uno de los estudios en el ámbito de capacitación con RV es el desarrollado por el SENESCYT (Angel-Urdinola et al., 2022), el cual examina la aplicación de esta tecnología en la capacitación para prevención de riesgos laborales. Este estudio resalta que la inmersión en entornos simulados permite a los trabajadores enfrentarse a escenarios realistas sin riesgos, mejorando la retención del conocimiento y la toma de decisiones en situaciones críticas. Se destaca que los participantes en entrenamientos con RV logran mejores tiempos de reacción y toma de decisiones en campo en comparación con métodos de capacitación tradicionales.

Otro estudio referente es AGROINGENIUS, un juego serio desarrollado en el departamento de Córdoba para capacitar en prevención de riesgos laborales a trabajadores del sector agropecuario. Esta investigación, con enfoque cuasiexperimental, demostró que, aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas respecto a métodos tradicionales, el juego de mesa fue bien recibido y logró fortalecer habilidades y conocimientos en Seguridad y Salud en el Trabajo (Ramos, Plaza & Hernández, 2023). Si bien AGROINGENIUS evidencia el potencial

de los juegos serios en contextos rurales, su enfoque se limita a la seguridad laboral y no aborda prácticas agroecológicas o procesos específicos como la implementación de biochar. En contraste, *TerrActiva* amplía esta perspectiva al integrar elementos de inmersión en realidad virtual, orientados a la formación técnica en prácticas regenerativas, lo que constituye una propuesta innovadora aún inexplorada en el país.

Con base en estas referencias, *TerrActiva* se plantea como una innovación dentro del país. Su aporte principal radica en combinar entornos inmersivos con formación técnica especializada en agricultura regenerativa, permitiendo una experiencia más completa, práctica y contextualizada para los técnicos del campo colombiano. Esta propuesta busca responder a la pregunta de investigación: ¿Qué decisiones de diseño son clave en el desarrollo de una experiencia de capacitación gamificada en realidad virtual orientada al sector agrícola?

### 3. Objetivos, Justificación y Relevancia:

Este proyecto I + C (investigación + creación) analizará cómo las decisiones de diseño de mecánicas de juego en entornos de realidad virtual contribuyen a la construcción de experiencias educativas gamificadas para la capacitación técnica en agricultura regenerativa.

Objetivos Específicos:

- Explorar principios de diseño de mecánicas de juego aplicados en experiencias educativas en realidad virtual, con enfoque en entornos formativos agrícolas.
- Diseñar una experiencia inmersiva gamificada en RV que integre mecánicas alineadas con los objetivos de aprendizaje en agricultura regenerativa.
- Desarrollar una metodología de evaluación para la capacitación en RV para Biodiversal.

La presente investigación es relevante al abordar una brecha significativa en los procesos de transferencia de conocimiento dentro de la capacitación técnica en Biodiversal, específicamente en prácticas de agricultura regenerativa como la producción y aplicación de biochar. Aunque existen antecedentes de juegos serios aplicados al sector agropecuario en Colombia, estos se han centrado principalmente en temáticas de seguridad laboral y no en la formación técnica vinculada a prácticas sostenibles. Esta investigación propone la incorporación de un entorno gamificado en RV, no solo como innovación tecnológica, sino como una estrategia pedagógica para mejorar la motivación, el compromiso y la retención del conocimiento. Dado que el

equipo técnico de Biodiversal está compuesto en su mayoría por adultos jóvenes familiarizados con herramientas digitales, pero sin experiencia en entornos inmersivos, la implementación de un modelo basado en RV representa una oportunidad estratégica para potenciar el aprendizaje activo. Al analizar comparativamente esta propuesta frente a metodologías tradicionales, se espera generar evidencia valiosa que oriente futuras implementaciones tecnológicas en el ámbito de la educación agrícola, fortaleciendo así la adopción de prácticas regenerativas en el territorio. TerrActiva representa una oportunidad para expandir los límites del medio más allá del entretenimiento, posicionando al videojuego como una herramienta crítica y formativa que, al combinar narrativa, interacción y pedagogía, puede incidir de manera directa en la transformación de contextos rurales y en la construcción de soluciones sostenibles desde el diseño.

#### **4. Metodología y desarrollo del proceso de I+C:**

Biodiversal es una empresa que trabaja con caficultores y promueve la agricultura regenerativa en Colombia. Durante el proceso se identificó una brecha en la manera como se capacita al personal técnico: todo está centrado en lo teórico y no se cuenta con una fase práctica antes de ir al campo. Esto hace que el aprendizaje no siempre sea claro ni aplicable desde el inicio.

El biochar es un componente clave en estos procesos, por lo que se requiere un conocimiento exhaustivo, tanto teórico como práctico. Sin embargo, aunque los técnicos de Biodiversal están familiarizados con herramientas digitales, nunca han tenido una experiencia de realidad virtual (RV). Justamente por eso, esta población entre los 25 y 35 años es ideal para la propuesta: están abiertos a nuevas tecnologías y pueden adaptarse fácilmente. De hecho, según datos de Unity (2023), este grupo etario muestra más adaptabilidad tecnológica que generaciones más jóvenes.

La propuesta metodológica contempla un diseño experimental que desarrollará una evaluación del videojuego. Aunque se prevé su uso formal en el futuro, esta investigación no pudo incluir una validación activa con el usuario final debido a limitaciones de tiempo.

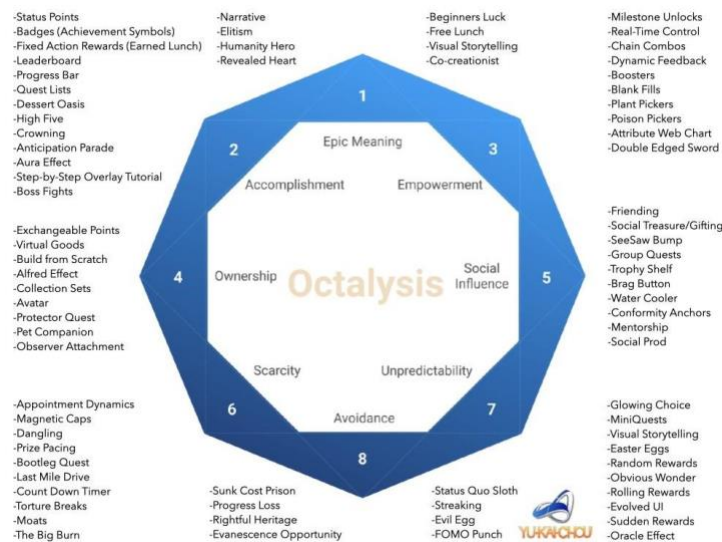
##### **a) Gamificación y mecánicas:**

Para lograr que el aprendizaje fuera significativo, el diseño de la experiencia RV se estructuró desde el modelo de aprendizaje experiencial de Kolb. Kolb (1984) plantea que, para aprender realmente, una persona debe vivir una experiencia, reflexionar sobre ella, entender lo que significa y luego aplicarlo.

Complementando el método de aprendizaje de Kolb se implementaron Los 8 impulsores de la gamificación de Yu Kai Chou figura 1.

**Figura 1**

Modelo Octalysis de gamificación.



*Nota: Adaptado de Octalysis: Complete Gamification Framework por Yu-kai Chou (s.f.)*

Con el objetivo de cumplir con la propuesta de The Octalysis se tomaron los núcleos Calling (llamado), Accomplishment (logro), Empowerment (empoderamiento), Unpredictability (impredecible), Avoidance (pérdida). Es decir, el jugador deberá ser parte del proceso de la experiencia inmersiva siendo el personaje principal, sintiendo que hace parte de una causa más grande que él mismo. Seguidamente, el juego va a acompañar e indicar el progreso de las habilidades del usuario, mientras se va enfrentando a diferentes retos, esto se va a lograr por medio del diseño de interfaces y mecánicas. También es importante estimular la creatividad con decisiones libres y retroalimentar esas elecciones de manera audiovisual para estimular la creatividad. Lo impredecible se da mediante las decisiones abiertas que se pueden tomar sin tener la certeza de cuál es la correcta. Así mismo, el cometer un error tendrá un sentido de

pérdida ya que se reiniciará el nivel. Al comparar y contrastar las fases de Kolb y el método de Yu Kai Chou, se evidencia que los elementos más relevantes dentro del juego son: La libertad de decisiones y experimentación dentro del juego, el sentir un progreso, las recompensas y castigos, y los desafíos.

El juego integra todas estas fases. Desde el inicio, el jugador es transportado a una finca virtual, recreada a partir de un video de capacitación proporcionado por la empresa. Allí debe elegir entre residuos como cáscara de café, ramas secas o podas, sin que el sistema le diga cuál es mejor de acuerdo con el problema planteado en el nivel: debe experimentar y observar. Para facilitar esto, se integró una interfaz flotante con información útil, sin imponer respuestas.

## Figura 2

Finca Virtual de TerrActiva



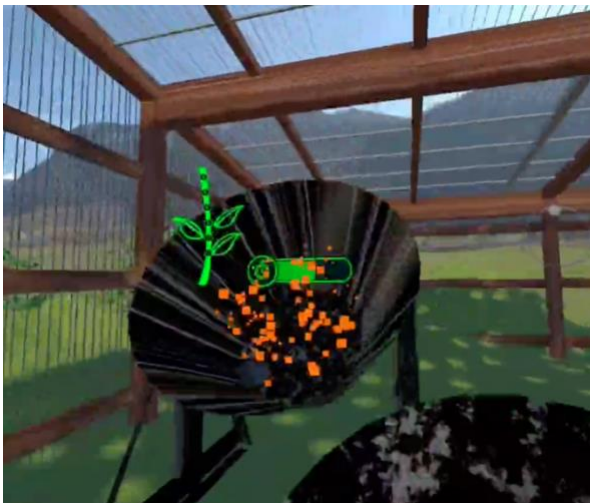
En este sentido, se diseñó una mecánica "drag and drop" (Agarrar y Soltar) que obliga al jugador a acercarse físicamente a la biomasa, tomarla con el botón "Grab" y

transportarla hasta el horno. Si la suelta antes de tiempo, debe recogerla de nuevo, lo que refuerza la acción física.

También se integraron decisiones estratégicas. Por ejemplo, si se pone mucha biomasa o se acomoda incorrectamente, el fuego puede comportarse de manera diferente. Esta es una mecánica de penalización. Además, al prender el horno con un encendedor virtual, se activa un contrarreloj que representa el tiempo real de carbonización. El jugador debe aprender a interpretar señales visuales (como el color del material), auditivas (crujidos o vapores) y hápticas (vibración de los controles) para saber cuándo actuar. Así mismo, cada biomasa cumple con propiedades reales de tiempo de carbonización, por ende, unas se queman más rápido que otras.

### Figura 3

Visualización Contrarreloj



Cuando la biomasa alcanza su punto ideal, el usuario puede decidir cuándo apagar el fuego: dejarlo consumir o ahogar el fuego, cada uno con implicaciones distintas. Si no lo hace a tiempo, el material se quema en exceso y pierde su valor. En este punto se incluye una penalización visible y sensorial. El tiempo de incineración se

ve reflejado en un contrarreloj, visualmente se comunica como una barra verde que empieza a decrecer como lo muestra la Figura 2.

Para fomentar la inmersión y la coherencia visual del juego se ha desarrollado una identidad gráfica. TerrActiva combina el verde natural, el verde neón y el negro para construir una atmósfera visual que refuerza su temática de naturaleza, futurismo y tecnología. Según Heller (2004) el verde evoca vida, frescura y esperanza, alineándose con la regeneración de suelos y cultivos. El verde neón, utilizado estratégicamente, aporta modernidad, energía y juventud, resaltando elementos interactivos y fomentando una experiencia activa e inmersiva. Finalmente, el negro aporta seriedad y profesionalismo, reforzando la calidad del proyecto y haciendo que los verdes resalten aún más, asegurando que la interfaz y los entornos se perciban pulidos, vibrantes y coherentes con el concepto de juego serio.

Además, el juego integra los principios de gamificación del modelo Octalysis, en especial los núcleos de llamado, logro, empoderamiento, sorpresa y pérdida. Esto significa que el jugador se siente parte de algo más grande, ve su progreso, enfrenta retos y debe tomar decisiones que implican consecuencias reales dentro del entorno virtual.

#### b) Crítica Genética

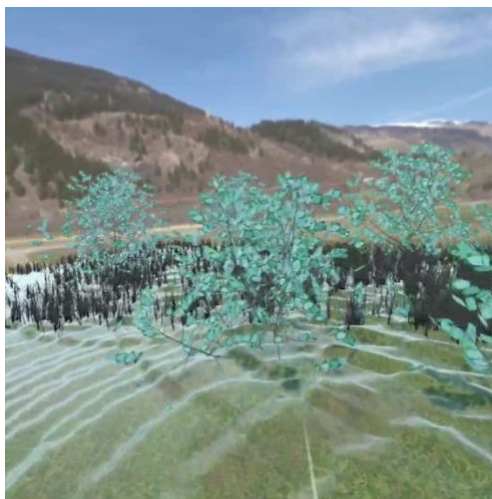
En el proceso de documentación de la investigación, se adopta una postura crítica siguiendo el enfoque planteado por Dunne y Raby (2013), quienes sostienen que el diseño puede ser utilizado como una forma de crítica activa, no solo para experimentar, sino para cuestionar y desafiar las maneras en que las tecnologías afectan nuestras vidas. Bajo esta perspectiva, el registro de la creación de TerrActiva no se limita a documentar los avances técnicos, sino que también reflexiona sobre las

decisiones de diseño, su impacto potencial en la formación agrícola y las implicaciones socioculturales de introducir tecnologías de realidad virtual en contextos rurales.

El proceso de creación de **TerrActiva** partió de la premisa inicial de optimizar la transferencia de conocimiento a través de un juego serio en un entorno de realidad virtual. El primer modelo se desarrolló en Unity (un software gratuito), dando lugar a un mundo base funcional, pero con texturas poco elaboradas que generaban una estética plástica y alejada de la realidad deseada como se muestra en la Figura 4. Además, se presentaron fallos técnicos críticos: un error en la asignación de texturas impedía cargar correctamente el entorno, bloqueando el testeo del juego.

#### **Figura 4**

Texturas del primer mundo creado.

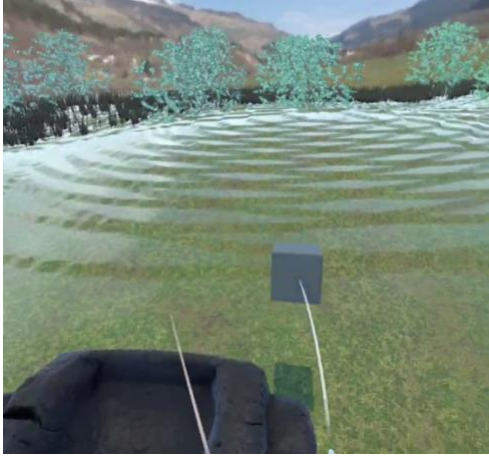


Exploración inicial de materiales.

En cuanto a la mecánica central de "grab and drop" (agarrar y soltar), en esta primera versión, el sistema permitía recoger objetos a distancia (Figura 5), comprometiendo la fidelidad de la simulación y restando realismo al acto de recolectar biomasa, una acción esencial para la experiencia formativa.

## Figura 5

Mecánica "Agarrar" poco precisa.



Exploración inicial de materiales.

A partir de este análisis crítico, se tomó la decisión de descartar esta primera versión y avanzar hacia un segundo modelo. En esta nueva iteración, se desarrollaron texturas más realistas, mejorando la percepción visual de los materiales del entorno (Figura 6), y se perfeccionó la mecánica de agarre, obligando al usuario a acercarse físicamente para recoger los objetos (Figura 7), lo que reforzó la inmersión y replicó de manera más precisa las acciones agrícolas reales.

**Figura 6**

Texturas mejoradas prototipo 2.

**Figura 7**

Mecánica "Agarrar" precisa y realista.



Paralelamente al desarrollo del entorno del juego, se trabajó en la construcción de su identidad visual y en la forma de presentar la información al usuario. Inicialmente, los gráficos diseñados contenían una gran cantidad de texto descriptivo, lo que requería un mayor tiempo de lectura e interpretación dentro del entorno de realidad virtual. Esta

sobrecarga visual afectó negativamente la fluidez de la experiencia de aprendizaje (Figura 8).

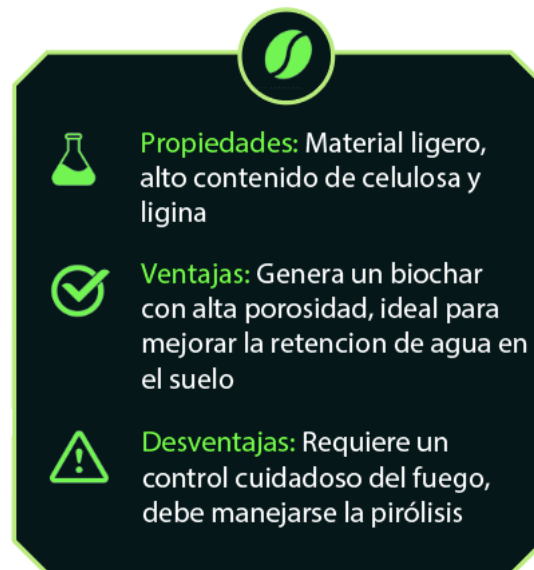
A partir de la observación crítica, se identificó la necesidad de optimizar la comunicación visual. La observación se basó en el tiempo que la persona tardaba en entender y asimilar la información, y en cómo la duración influía en su percepción. Con el objetivo de que el juego no se tornara aburrido y se sintiera más práctico, se tomó la decisión de reducir el texto y priorizar el uso de íconos, símbolos y escalas gráficas para transmitir la información de manera más rápida, intuitiva y atractiva.

Un ejemplo claro de esta evolución se observa en los gráficos de evaluación de residuos, donde se pasó de explicaciones extensas a representaciones visuales simplificadas que utilizan íconos de hojas y escalas de evaluación para indicar propiedades como densidad, celulosa, minerales, porosidad y velocidad de carbonización (Figura 9). Esta estrategia no solo agiliza la comprensión dentro del juego, sino que también refuerza la estética y coherencia de la identidad gráfica del proyecto.

Este cambio responde al principio de la crítica genética sobre la experiencia del usuario y las mejoras progresivas que se implementaron para lograr una interacción más efectiva y natural en entornos inmersivos.

**Figura 8**

Prototipo 1 pieza gráfica propiedades de residuos.



**Figura 9**

Prototipo 2 pieza gráfica de las propiedades de residuos.



Seguidamente, en el diseño de interfaz se tenía que implementar piezas gráficas instruccionales que indican cómo agarra el objeto (el residuo orgánico) situado frente al jugador. La propuesta inicial era mantener la pieza gráfica de propiedades atrás del contenedor y la imagen instruccional de la mecánica Grab & Drop frente a este como se muestra en la figura 10. No obstante, esta diagramación podía llegar a verse saturada e implícitamente existía la posibilidad de romper el flujo de acciones donde primero se eligiera el residuo orgánico antes de leer sus propiedades e iniciar el proceso de pirólisis. El orden de mecánicas consiste en 1. Acercarse al contenedor. 2. Presionar el botón A. 3. Leer las propiedades del residuo orgánico y la instrucción de agarre. 4. Agarrar la materia orgánica.

### Figura 10

Propuesta instruccional 1.



La figura 11 muestra cómo se incluyó la imagen instruccional dentro de la pieza infográfica de propiedades, sin embargo, no era lo suficientemente clara. Por ende, la

tercera propuesta se destaca por llevar el flujo de acciones claro y visualmente limpio como lo muestra la figura 12.

### Figura 11

Propuesta instruccional 2.



### Figura 12

Propuesta instruccional 3.



Otra decisión tanto de programación como diseño de usuario fue la mecánica de regeneración de materia automática. La intención inicial era una reaparición de la masa (residuos orgánicos) uno a uno dentro del contenedor, con el fin de mantener el flujo: 1. Se agarra el objeto 2. Cuando se saca del rango del contenedor, se crea otro. Sin embargo, dentro del desarrollo hubo una limitación: El problema surge cuando el usuario toma un objeto (masa orgánica) desde un contenedor virtual. En ese momento, el sistema de RV de Unity desactiva temporalmente la colisión física del objeto, lo que provoca que el contenedor “crea” que el objeto ya no está dentro de su área de influencia. Como resultado, el sistema genera automáticamente una nueva masa, aun si el jugador no se ha alejado o completado el proceso correctamente. Esto causa que, al soltar el objeto y volver a agarrarlo, el contenedor produzca duplicados de forma indefinida, rompiendo la lógica del juego.

La solución planteada se basó en añadir un cronómetro para dar un rango de tiempo de salida del área de influencia, con el fin de evitar una reaparición del objeto ilimitada y descontrolada. Así mismo, al inicio se pensó que visualmente existiera la reaparición 1 a 1 y no se consideró un elemento visual que indicara que existía un abastecimiento automático después de haber tomado el contenido. Por ende, se optó por crear un montículo del residuo orgánico no interactivo, indicador de que hay más de un elemento dentro del contenedor, sin embargo, solo uno de los objetos estaba programado para hacer reabastecimiento.

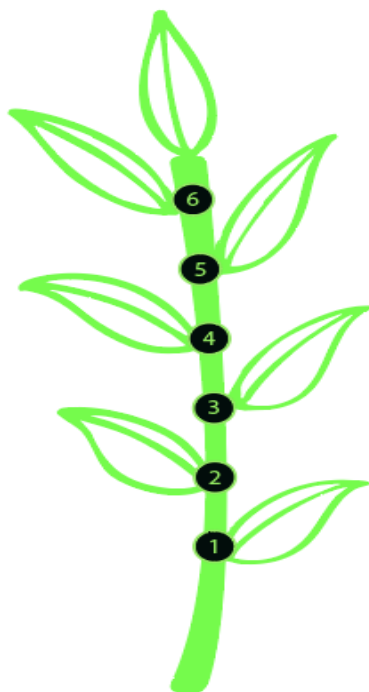
Para potenciar la gamificación dentro de la experiencia inmersiva se añadió una nueva dinámica, el jugador desde el inicio contará con información de un suelo degradado. Por ende, el usuario debe escoger el residuo orgánico más adecuado de acuerdo con la carencia de propiedades de la finca. En este sentido, se deberá escoger

el material correcto y existirá una retroalimentación inmediata, el sonido de campana indicará que se escogió el material correcto, por ende, podrá progresar en la capacitación. De lo contrario, habrá un sonido de error para que intente nuevamente.

Se implementará el mismo sistema de recompensa a medida que avanza la capacitación. El juego consta de 6 puntos de progreso: 1. Escoger el material correcto. 2. Llevar el residuo orgánico dentro del horno. 3. Iniciar el proceso de pirólisis 4. Apagar el horno. 5. Obtención deseada del carbón. Para hacer evidente los avances dentro del juego se plantea que en la interfaz se visualice una barra de progreso. Para romper el esquema se contempló hacer una barra de progreso representada por una planta como lo muestra la figura 13 y se situaría a un costado de la vista del jugador como se muestran en las figuras 14.

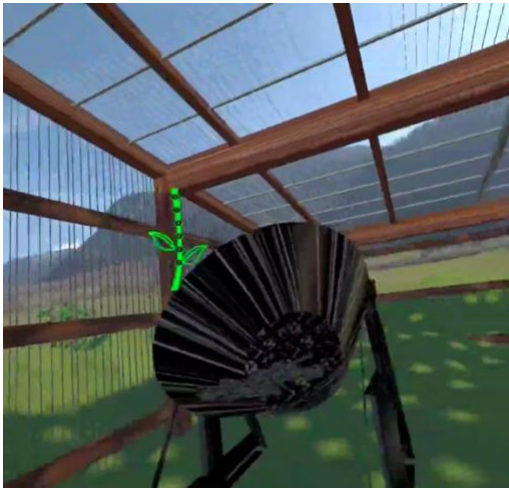
**Figura 13**

Propuesta Barra de progreso.



## Figura 14

Propuesta Barra de progreso en el juego.



Para reforzar el sentimiento de desafío se añadió un contrarreloj al momento de iniciar el proceso de pirólisis (prenderle fuego a la masa orgánica dentro del juego). El tiempo que se muestra indica el lapso restante para que la masa culmine su proceso de carbonización y el tiempo restante para que se queme completamente. De esta manera, el jugador tendrá que apresurarse para apagar el fuego o agregar más biomasa antes de prender fuego al material puesto en el horno.

### c) Metodología de testeo:

Durante el desarrollo y las pruebas iniciales de TerrActiva se identificaron varios aspectos importantes a tener en cuenta para que el testeo en RV sea seguro y efectivo. Primero, es clave realizar la experiencia en un espacio amplio, sin obstáculos, y que el jugador esté sentado en una silla con ruedas. Esto es necesario porque en las primeras sesiones la realidad virtual puede causar desorientación o afectar el equilibrio, así que lo mejor es minimizar cualquier riesgo físico.

También es importante asegurarse de que las gafas Oculus estén bien ajustadas a la cabeza del jugador, y que los cables de seguridad estén conectados correctamente para evitar daños en el equipo. Antes de comenzar la capacitación, se debe ofrecer una introducción breve sobre el uso de los controles, botones a utilizar, para que el usuario se sienta más cómodo y pueda concentrarse en la experiencia sin miedo a equivocarse.

Por razones de limitaciones temporales de este proyecto, no fue posible probar TerrActiva directamente con el equipo técnico de Biodiversal, que era el público objetivo principal. Sin embargo, para el desarrollo futuro del proyecto se plantea aplicar el Modelo de Evaluación de Cuatro Niveles de Kirkpatrick, centrándose en los niveles I y II: Reacción y Aprendizaje. Esto permitiría recoger información sobre qué tan satisfechos están los participantes, qué tanto aprendieron y cómo percibieron el contenido, la facilidad de uso y la motivación dentro del juego. Esta evaluación ayudaría a afinar y mejorar el proyecto con base en experiencias reales de los usuarios (Anexo D).

Nivel	Indicadores	Herramientas de Medc.
Nivel I - Reacción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encuesta de satisfacción con RV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Google forms.</li> <li>• Entrevistas rápidas</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inmersión y facilidad de uso.</li> <li>• Motivación al aplicar RV</li> <li>• Retroalimentación sobre mejoras</li> </ul>	
<p>Nivel II - Aprendizaje</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Test rápido de pre y post RV</li> <li>• Tiempos de realización de tareas</li> <li>• Test de conceptos y proceso de realización del biochar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Test cortos.</li> <li>• Registros de pruebas en RV</li> </ul>

Teniendo en cuenta lo anterior, se diseñó una encuesta semiestructurada enfocada en los dos primeros niveles del modelo Kirkpatrick. Se pretende recolectar información tanto cuantitativa como cualitativa con el fin de entender y mejorar la experiencia del usuario desde una perspectiva emocional, técnica y cognitiva.

En el Nivel I, el objetivo principal es conocer cómo reaccionaron los jugadores frente a la experiencia inmersiva. Se evalúan aspectos como la satisfacción general, el nivel de inmersión, la percepción del realismo visual, la comodidad con los dispositivos (gafas Oculus y controles) y la motivación generada por los elementos de gamificación. Adicionalmente, se incluyen preguntas abiertas para identificar qué elementos del juego fueron percibidos como los más útiles, así como sugerencias que identifiquen futuras mejoras. Esta sección de la encuesta está diseñada para aplicarse inmediatamente después de la experiencia en VR, en un formato digital (como Google Forms), físico o, si se desea, directamente desde la interfaz del juego.

El Nivel II, se enfoca en evaluar la adquisición de conocimientos. Esta parte de la encuesta tiene como finalidad identificar cuánto aprendió el participante sobre el proceso de producción y aplicación del biochar después de interactuar con el simulador. Para ello, se incluyen preguntas que comparan el conocimiento previo con el adquirido, evalúan la comprensión del proceso técnico, miden la capacidad de recordar acciones clave del juego y exploran si el usuario considera que lo aprendido puede aplicarse en un contexto real. Esta sección puede aplicarse inmediatamente después del Nivel I o, idealmente, 24 horas después, con el fin de evaluar la retención del conocimiento.

Al tratarse de un instrumento semiestructurado, se combinan preguntas de opción múltiple con otras de respuesta abierta. Esto permite obtener datos cuantificables y, al mismo tiempo, acceder a apreciaciones personales que pueden enriquecer el análisis del impacto formativo de la herramienta. Además, se sugiere que la encuesta sea administrada de forma individual y en caso de usuarios con poca familiaridad digital, contar con acompañamiento para guiar su diligenciamiento.

De esta manera, la estrategia evaluativa no solo busca medir la efectividad de TerrActiva como experiencia educativa, sino también aportar insumos valiosos para su ajuste, mejora e implementación futura con el equipo técnico de Biodiversal o en contextos similares.

## 5. Resultados

A lo largo del desarrollo de TerrActiva se obtuvieron varios resultados clave tanto a nivel pedagógico como visual. Gracias a una metodología basada en prueba y error, fue posible ajustar aspectos técnicos (mecánicas de juego), narrativos y de interfaz para lograr una experiencia más realista, comprensible y envolvente.

Inicialmente, la creación del mundo pasó de ser un texturizado plástico a materiales más realistas, contribuyendo a la experiencia de inmersión de RV. Así mismo, aportó añadir relieve (como montañas) al terreno para indicar autenticidad y los bordes del mapa, sin cambios tan abruptos.

Uno de los principales avances fue la mejora en la mecánica de agarre de objetos. En las primeras versiones, los residuos podían recogerse desde lejos, lo que restaba realismo. Luego se rediseñó para que el jugador tuviera que acercarse físicamente, haciendo la acción más natural y alineada con lo que ocurre en un contexto agrícola real.

En cuanto al diseño visual, se pasó de pantallas con mucho texto a gráficos más claros y simbólicos, con íconos y escalas que facilitan el análisis y la toma de decisiones dentro del juego. Un buen ejemplo de esto son las piezas gráficas de propiedades de las biomásas y la “barra de progreso” representada por una planta que le nacen hojas a medida que el jugador logra una acción acertada, una solución que transmite avance sin interrumpir la experiencia.

Para crear interfaces de usuario en realidad virtual, es mejor usar elementos temporales en el motor de juego Unity. Dejar elementos gráficos permanentes puede causar mareo en los usuarios, por lo que la interfaz debe ser lo más simple y limpia posible.

Adicionalmente, el tamaño y la posición de cada pieza es fundamental para el desarrollo del juego. Las piezas gráficas de propiedad tienen mayor tamaño para jerarquizar información y en la parte inferior indica la instrucción de cómo tomar objetos, la pieza siempre está mirando al jugador a pesar de que este se mueve. En ese sentido, las imágenes instructivas como botones a utilizar se deben incluir estratégicamente en el juego para que el usuario no se sature visualmente y exista un flujo de acciones acordes al proceso que se quiere realizar.

Otro logro importante fue introducir decisiones estratégicas que conectan con el modelo de Kolb. Por ejemplo, el jugador debe elegir el residuo adecuado según un diagnóstico previo del suelo. Esa elección tiene consecuencias y se ve reforzada por sonidos y efectos visuales que brindan retroalimentación inmediata.

Además, las mecánicas del juego se pensaron desde el modelo Octalysis, integrando elementos como logros, empoderamiento, sorpresa y pérdida. Esto ayudó a que la experiencia no fuera solo informativa, sino también emocional y desafiante. Todo esto se documentó y analizó desde una mirada crítica que permitió entender qué funcionaba y qué debía cambiarse.

Otro elemento relevante dentro del diseño de videojuegos es la parte auditiva que apoya al realismo de la experiencia, el objetivo es sentirse existente dentro de ese espacio virtual.

Aunque todavía no se ha probado con el equipo técnico de Biodiversal, el prototipo ya permite simular con bastante fidelidad el proceso de producción de biochar, siendo una base sólida para seguir probando y mejorando. Al ser un modelo experimental se testeó informalmente con estudiantes para evaluar posibles dificultades dentro del juego.

Finalmente, aunque fue un proyecto de creación para investigación resulta efectivo iniciar con una estructura base de diseño de videojuegos para llevar a la par una estructura de código más organizada y un proceso más fluido.

## 6. Conclusiones

TerrActiva demuestra que diseñar pensando en mecánicas de juego inmersivas puede marcar la diferencia cuando se trata de enseñar temas complejos como la agricultura regenerativa. Al unir el enfoque de Kolb con el modelo de gamificación de Yu-kai Chou, fue posible crear una experiencia educativa que no sólo instruye, sino que también motiva y reta al usuario.

Durante el desarrollo, quedó claro que la retroalimentación visual, sonora y háptica es clave para facilitar la comprensión de procesos técnicos. La elección del residuo correcto, la mecánica contrarreloj y la planta como símbolo de progreso no solo hacen más entretenido el aprendizaje, sino que refuerzan los conceptos importantes sin sobrecargar al usuario.

La crítica genética permitió llevar un registro honesto y detallado del camino recorrido, incluyendo los errores, las decisiones de diseño y los cambios implementados. Gracias a esto, TerrActiva no es solo un videojuego educativo, sino también un reflejo del contexto rural en el que se piensa aplicar, y de los retos que conlleva crear una experiencia útil y significativa.

Aunque no se alcanzó a validar el juego con los técnicos de Biodiversal, el proceso deja una ruta clara para continuar: aplicar pruebas con usuarios reales, medir el impacto de la herramienta y seguir ajustándose según las necesidades del campo. Esta investigación aporta no solo un prototipo funcional, sino una metodología que puede replicarse en otros proyectos de formación técnica con tecnologías inmersivas en el contexto latinoamericano.

## 7. Anexos

### Anexo 1. Prototipo encuesta

#### Datos generales

Edad:

Género:

¿Tiene experiencia previa con realidad virtual? (Sí / No)

¿Tiene experiencia previa en producción o uso de biochar? (Sí / No)

#### Nivel I – Kirckspatric

1. ¿Cómo calificarías tu experiencia general con la simulación en realidad virtual?

Muy insatisfactoria

Insatisfactoria

Neutral

Satisfactoria

Muy satisfactoria

2. ¿Qué tan inmersiva sentiste la experiencia durante la capacitación en TerrActiva?

Nada inmersiva

Poco inmersiva

Medianamente inmersiva

Inmersiva

Muy inmersiva

3. ¿El entorno del juego te pareció realista y coherente con el contexto agrícola?

[Escala Likert 1-5] (1: Nada realista / 5: Muy realista)

4. ¿Cómo te sentiste al usar las gafas y los controles durante la experiencia?

Cómodo/a

Algo confundido/a al inicio, pero me adapté

Incómodo/a todo el tiempo

Otro:

5. ¿Sentiste que tu progreso dentro del juego estaba claro y bien representado?

Nada claro

Poco claro

Aceptable

Claro

Muy claro

6. ¿La experiencia te motivó a aprender más sobre agricultura regenerativa?

Sí

No

¿Por qué?

7. ¿Qué aspectos del juego te parecieron más valiosos o útiles?

(Pregunta abierta)

8. ¿Qué sugerencias harías para mejorar la experiencia o el contenido?

(Pregunta abierta)

## **Nivel II – Kirckspatric**

9. Antes del juego, ¿sabías qué es el biochar y cómo se produce?

Sí, completamente

Sí, pero de forma superficial

No

10. Luego de usar TerrActiva, ¿sientes que entiendes mejor el proceso de producción de biochar?

No entendí nada

Entendí poco

Entendí bastante

Entendí completamente

11. En tus palabras, ¿cuál es el momento más crítico del proceso de producción de biochar dentro del juego? ¿Por qué?

(Pregunta abierta)

13. ¿Crees que lo aprendido en TerrActiva se puede aplicar fácilmente en un entorno real de campo?

Sí

Tal vez

No

¿Por qué?

## 8. Referencias

- Abt, C. C. (1970). *Serious Games*. Viking Press.  
<https://archive.org/details/seriousgames0000abtc/page/n1/mode/2up>
- Angel-Urdinola, D., Castillo, C., Medina, C., & Vainstein, J. (2022, 5 de octubre). Cómo la capacitación con realidad virtual puede salvar vidas. *World Bank Blogs*. <https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/como-la-capacitacion-con-realidad-virtual-puede-salvar-vidas>
- Biodiversal. (s.f.). *Biodiversal: Agricultura regenerativa con impacto*. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de <https://biodiversal.com/>
- Chou, Y.-K. (s.f.). *Octalysis: Complete Gamification Framework*. Yu-kai Chou: Gamification & Behavioral Design. Recuperado el 7 de mayo de 2025, de <https://yukaichou.com/gamification-examples/octalysis-complete-gamification-framework/>
- Dávila Rivera, J. M. (2024). *Estudio de percepción de un entrenamiento para uso de prótesis de mano a través de un juego serio* (Trabajo de grado). Universidad del Rosario.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011, September). From game design elements to gamefulness: Defining gamification. In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (pp. 9–15). ACM. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Dunne, A., & Raby, F. (2013). *Speculative everything: Design, fiction, and social dreaming*. The MIT Press.

FAO. (2022, 5 de diciembre). *Suelos en riesgo: La degradación de los suelos en América Latina y el Caribe pone en peligro la seguridad alimentaria*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/americas/news/news-detail/suelos-en-riesgo/es>

Heller, E. (2004). *Psicología del color: Cómo actúan los colores sobre los sentimientos y la razón*. Editorial Gustavo Gili (GG).

Hidalgo-Parra, Y., et al. (2019). Indicadores para evaluar el impacto de la capacitación en el trabajo. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(5), 80–84. <https://www.redalyc.org/journal/1815/181562407006/181562407006.pdf>

Jhong Chung, J. (2021). *Using biochar in coffee agroforestry management to store soil carbon and produce biomass energy in Puerto Rico* (Tesis de maestría). University of Michigan, Ann Arbor. Recuperado de [University of Michigan Repository].

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.

Marczewski, A. (2013). *Gamification: A simple introduction* [eBook]. <https://leanpub.com/gamification>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). Resolución No. 000132 de 2022: Por la cual se adopta el Plan Nacional de Asistencia Integral Técnica, Tecnológica y de Extensión Agropecuaria (PNATEA). <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/RESOLUCI%C3%93N%20NO.%20000132%20DE%202022.pdf>

Ovalle Másmela, J., Romero-Perdomo, F., & Uribe Galvis, C. (2023). *Tecnologías emergentes para el agro y su aplicación en Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.estudiodevigilancia.2023.2>

Rajper, S., Shaikh, N. A., Shaikh, Z. A., & Mallah, G. A. (2016). Automatic Detection of Learning Styles on Learning Management Systems using Data Mining Technique.

Rainforest Alliance. (2024). *¿Qué es agricultura regenerativa?* Rainforest Alliance. Recuperado el 6 de febrero de 2025, de <https://www.rainforest-alliance.org/es/perspectivas/que-es-la-agricultura-regenerativa>

Ramos, M. F., Plaza, M. T., & Hernández, H. E. (2023). AGROINGENIUS: Juego serio para la formación en prevención y control de riesgos laborales en las Unidades de Producción Agropecuaria del departamento de Córdoba. *Revista Ingeniería e Innovación*, Universidad de Córdoba. <https://doi.org/10.21897/rii.3168>

Shamshiri, R. R., Weltzien, C., Hameed, I. A., Yule, I. J., Grift, T. E., Balasundram, S. K., Pitonakova, L., Ahmad, D., & Chowdhary, G. (2018). Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181104.4278>

Tecnología Hortícola. (s.f.). La Realidad Virtual como nueva herramienta de formación en horticultura. <https://www.tecnologiahorticola.com/realidad-virtual-formacion-horticultura/>

Unity. (2023, 15 de marzo). *¿Por qué adaptarse a las nuevas tecnologías en un mundo de transformación e incertidumbre?* <https://producto.unity.io/es-sv/blog/por->

que-adaptarse-a-las-nuevas-tecnologias-en-un-mundo-de-transformacion-e-  
incertidumbre

Universidad Internacional de Andalucía [UNIA]. (2024, 21 de mayo). El impacto de la agricultura ecológica en la biodiversidad del suelo. Blog UNIA. <https://www.unia.es/vida-universitaria/blog/el-impacto-de-la-agricultura-ecologica-en-la-biodiversidad-del-suelo>

Vovk, A., Kozlov, D., Shkabarina, K., & Batura, T. (2023). PERSONALIZED E-LEARNING SYSTEMS: A USER MODELING TECHNIQUE. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/372486034\\_PERSONALIZED\\_E-LEARNING\\_SYSTEMS\\_A\\_USER\\_MODELING\\_TECHNIQUE](https://www.researchgate.net/publication/372486034_PERSONALIZED_E-LEARNING_SYSTEMS_A_USER_MODELING_TECHNIQUE)